

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■研究成果概要報告書

研究課題		隣接する区画間の延焼性状に関する実験的研究	実施年度 平成 25 年度
研究代表者	所属	研究実施時：京都大学 現在：独立行政法人建築研究所	
	氏名	樋本圭佑	
	問合せ先メールアドレス	himoto@kenken.go.jp	
受入担当責任者	氏名	大宮喜文	
<p>1. 研究の背景および目的</p> <p>一般に建物は複数の区画から構成されている。ある区画で火災が発生すると、隣接する区画へと延焼し、被害が拡大する可能性があるが、どういった条件下で区画間の延焼が発生するかを知ることは、建物の防火計画を検討する上で重要である。</p> <p>区画間の延焼は、火災区画からの加熱により、隣接区画内の可燃物が着火することにより発生する。従来、一定の加熱条件下における可燃物の着火性状については広く調べられてきた。しかし、実際の区画間延焼において、隣接区画内の可燃物のどういった部位が、どのような加熱を受けて着火に至るのかといったことについては、明らかになっていない点が多い。</p> <p>そこで本研究では、実大規模の区画燃焼実験を行うことで区画間の延焼過程を明らかにし、延焼が発生する条件を整理することで、一般に普及しているゾーンモデルなどの予測精度の向上につなげることを目的とする。</p>			
<p>2. 利用施設及び利用日</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼熱量測定用フード（5m×5m）（2013年9月6日～9月13日） ・ 火災実験用実大区画（散水設備対応）（2013年9月6日～9月13日） 			

3. 実験方法・研究成果、および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

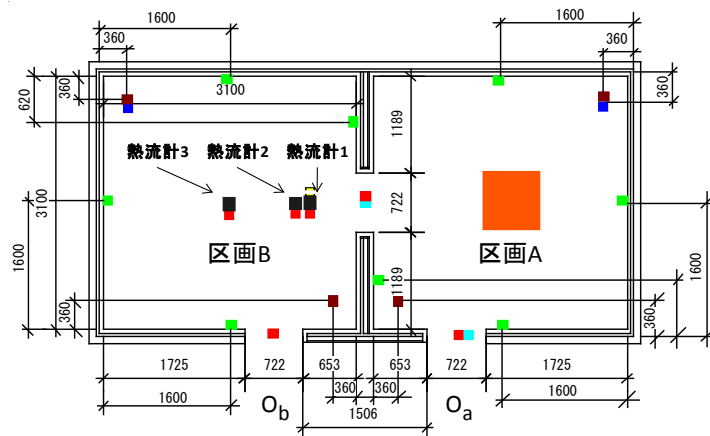
※継続課題の場合は、前年度との関係性、進捗度合いについても記載すること。

(1) 実験方法

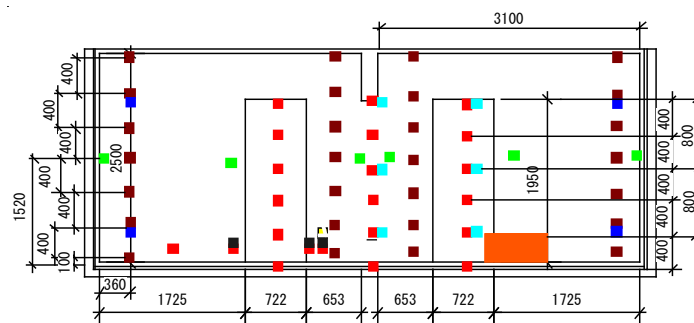
本実験で使用する実大複数区画の平面図、立面図を図 1 に示す。幅 6200[mm]×奥行き 3100[mm]×高さ 2500[mm]の空間を中央の間仕切り壁で区画 A、B に分割した。区画 A、B 間の間仕切り壁には幅 722[mm]、高さ 2000[mm]の開口 Oab を設けた。また、区画 A、区画 B にはそれぞれ区画 A と外気に面する部分に開口 Oa、区画 B と外気に面する部分に開口 Ob を設けた。

本実験における実験条件を表 1 に示す。開口 Oa、Ob の開口面積、区画 A 中央に設置したガスバーナーの発熱速度を変化させて 8 ケースの実験を行った。ただし、開口高さ 1000[mm]のケースでは開口下部を半分閉じた。

実験の測定項目を表 2 に示す。温度、発熱速度、ガス濃度、熱流束、圧力(静圧、動圧)の測定を行った。各測定点の位置は図 1 に示す通りである。



(a) 平面図



(b) 立面図

■ : 熱電対(開口部) ■ : ディスク熱電対(壁面) ■ : シース型熱電対 ■ : 静圧 ■ : 動圧 ■ : 熱流束 ■ : 火源

図 1 区画概要と測定項目の配置図[単位:mm]

表 1 実験条件

ケース	O _a		O _b		区画A
	開口幅	開口高さ	開口幅	開口高さ	火源
1	722mm	1000mm	722mm	1000mm	1400kW
2					700kW
3			0mm	0mm	1400kW
4					700kW
5	722mm	2000mm	722mm	2000mm	1400kW
6					700kW
7			0mm	0mm	1400kW
8					700kW

表 2 測定項目

項目		測定点	測定点数	測定機器	
1	温度	区画内温度	区画A2箇所、区画B2箇所に各7点	28	シース熱電対
		壁面温度	区画周壁8面に各1点	8	ディスク熱電対
		開口部温度	O _a 、O _b 、O _{ab} 各6点	18	熱電対
2	発熱速度	区画A	1	ガス流量計	
3	ガス濃度	全体 (5mフード)	1	ガス分析器	
4	熱流束	熱流計 1	区画B (水平)	3	熱流計 (測定範囲180°)
		熱流計 2	区画B (垂直)		
		熱流計 3	区画B (垂直)		
5	静圧	区画A、B各2点	4	銅管、微差圧計	
6	動圧	O _a 、O _b 各3点程度	6	ピトー管、微差圧計	

(2) 実験結果の概要

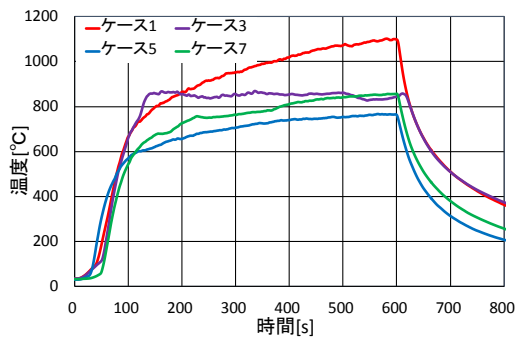
・ 区画内平均温度

複数区画実大実験における各ケースの区画内平均温度のグラフを図3に示す。区画A、Bの平均温度は、約100~200[s]まで急激に上昇し、その後は緩やかに上昇を続け、準定常状態へ移行する。また、区画Bの温度上昇は開口O_{ab}を介し侵入する区画Aの熱によるものであり、温度の上昇は区画Aよりも区画Bの方が低くなっている。火源規模1400[kW]、700[kW]ともに、ケース3、4などの区画Aの開口O_aの開口面積が小さいケースほど区画A、Bの区画内平均温度が高くなる傾向が見られた。これは、開口面積が大きいほど、区画Aから開口O_aを介し区画外へ流出する熱量が大きいと考えられる。

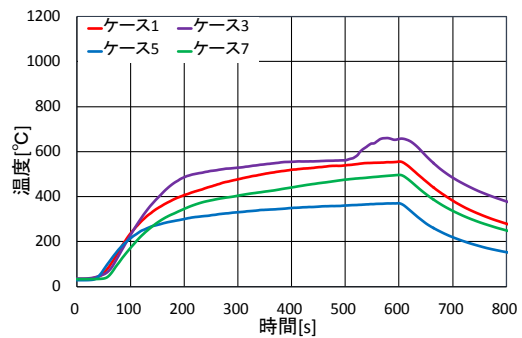
なお、ケース3における区画Aの区画内平均温度は、約150[s]まで急激に上昇するが、その後、他の条件に比べ温度上昇がほとんど見られない。これは、開口O_aの面積が小さいこと、及び開口O_bが閉じられているため、区画Aへの流入空気量が制限されたためであると考えられる。

・ 熱流束

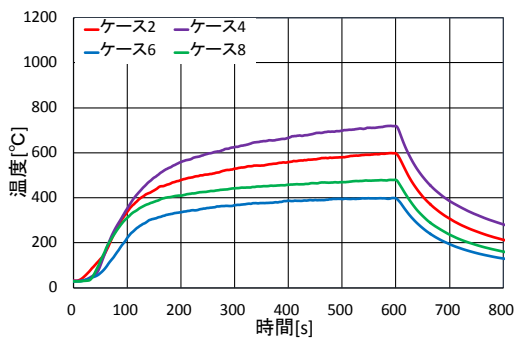
ケース5~8における熱流束の結果を図4に示す。熱流計1が区画A側横向き、熱流計2が上向きである。熱流計1では発熱速度ごとに比較すると開口O_bの開口面積によらず概ね一定の値となった。熱流計2では発熱速度ごとに比較すると開口O_bの開口面積が小さいほど、値は大きくなる傾向が見られた。



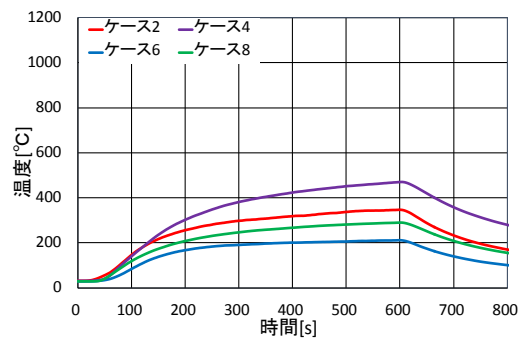
a) 1400[kW] 区画 A



b) 1400[kW] 区画 B

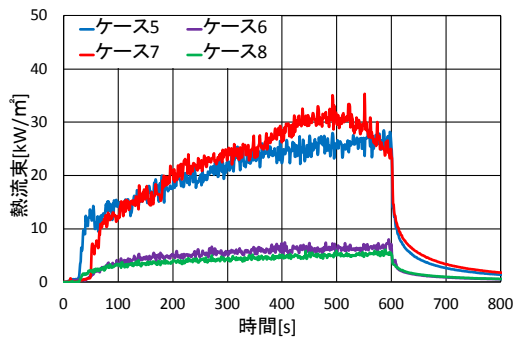


c) 700[kW] 区画 A

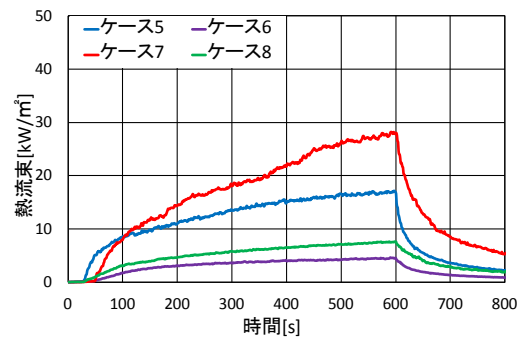


d) 700[kW] 区画 B

図3 区画内平均温度



a) 区画 A 側横向き (熱流束 1)



b) 上向き (熱流束 2)

図4 熱流束

・ 開口質量流量

盛期火災で区画内温度が一樣の時、単一区画の単一開口部の開口流量は、概ね $0.5A\sqrt{H}$ で求められることが知られている。複数区画間の開口流量において、どの程度この条件が満たされるのかを確認するため、実験値と比較した。

実験で計測した開口 O_{ab} の動圧から各ケースの開口 O_{ab} での準定常状態での中性帯高さを求め、これと区画内温度の平均から次式(1), (2)を使って開口流量を求めた。

$$m_{ab} = \frac{2}{3} \alpha B \sqrt{2\rho_a \Delta\rho g} (H_u - Z_n)^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

$$m_{ba} = \frac{2}{3} \alpha B \sqrt{2\rho_b \Delta\rho g} (Z_n - H_l)^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

図5で示す通り m_{ab} 、 m_{ba} はそれぞれ区画Aから区画Bへの開口流量、区画Bから区画Aへの開口流量である。開口 O_{ab} での開口流量を図6に示す。いずれのケースにおいても、 $0.5A\sqrt{H}$ から求められた開口流量よりも低い値を示した。

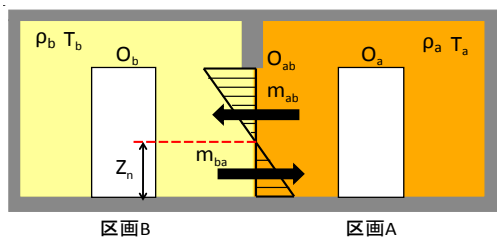


図5 開口流量の計算

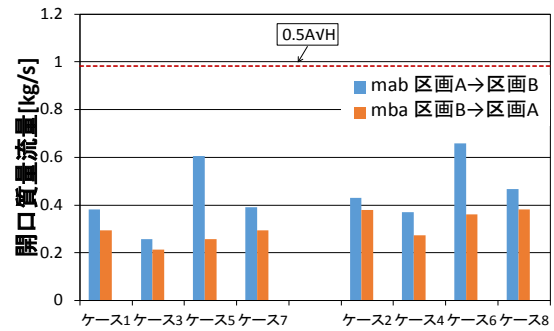
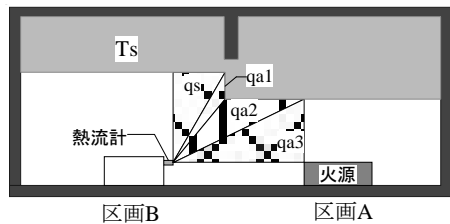


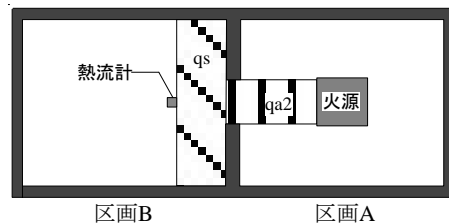
図6 開口 O_{ab} における開口流量

(3) 放射伝熱計算モデル

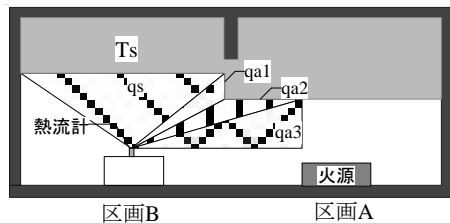
区画間の延焼条件を整理するにあたり、火災時の最も主要な伝熱形態である放射伝熱を計算する2種類のモデルを作成した。各モデルの概念図を図7, 8に示す。モデル1では火災区画Aの熱源の部位ごとの温度差を考慮しているのに対し、モデル2では部位ごとの温



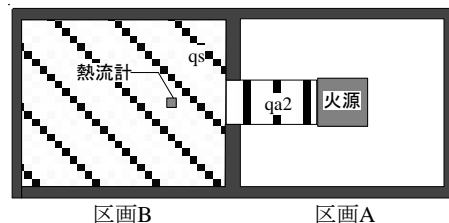
a) 断面図 (熱流計1, 区画A側横向き)



b) 平面図 (熱流計1, 区画A側横向き)

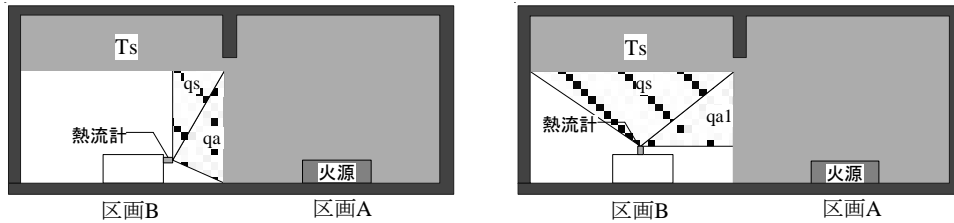


c) 断面図 (熱流計2,3, 上向き)



d) 平面図 (熱流計2,3, 上向き)

図7 放射伝熱モデル1の概念図



a) 断面図（熱流計 1, 区画 A 側横向き） b) 断面図（熱流計 2,3, 上向き）

図 8 放射伝熱モデル 2 の概念図

度差がないと仮定している。このとき、放射計に入射する放射熱流束 q は次のように求められる。

$$\text{モデル 1} \quad q = q_s + q_{a1} + q_{a2} + q_{a3} \quad (3)$$

$$\text{モデル 2} \quad q = q_s + q_a \quad (4)$$

ここで、 q_s は区画 B の高温層からの放射熱流束、 q_a は区画 A からの放射熱流束である。ただし、 q_{a1} 、 q_{a2} 、 q_{a3} は、いずれも区画 A の異なる箇所からの放射熱流束である。ここで、火災区画 A の火炎からの放射熱流束は、火炎形状を円柱と仮定することで求めた。また、高温層高さは区画内垂直温度を基に N パーセント法より算出し、 $N=15$ とした値を用いる。この結果得られた、各ケースの高温層高さの値を図 9 に示す。

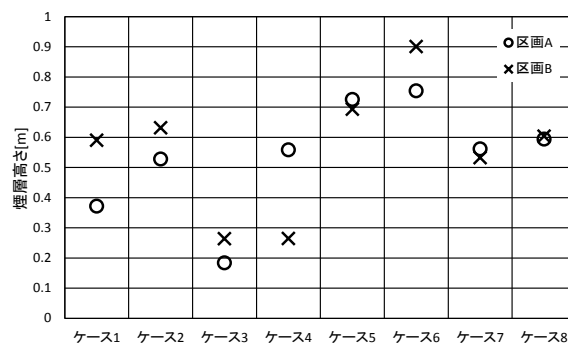
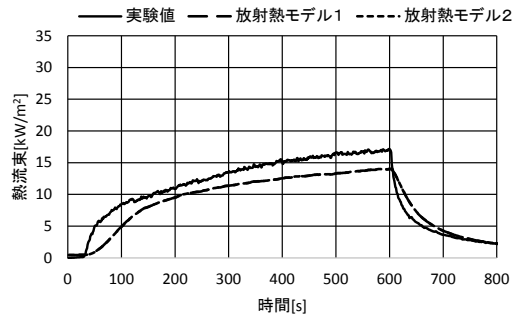
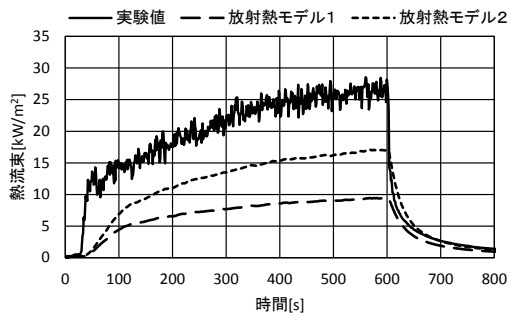


図 9 区画 A, B の高温層高さ

(4) 実験値と計算値の比較

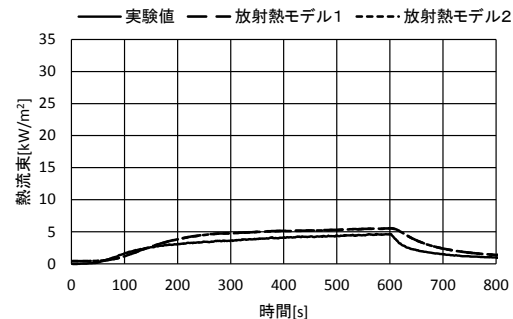
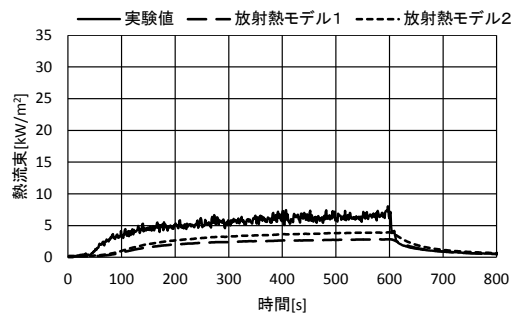
実験値と計算値の比較を図 10 に示す。横向きに設置された熱流計 1 では、実験値と計算値の間に大きな乖離があり、計算値の方が低い結果となった。一方、上向きに設置された熱流計 2, 3 でも、計算値の方が低かったものの、乖離の程度は熱流計 1 に比べて小さかった。これは、開口 O_{ab} からの噴出火炎や火源の火炎形状を考慮していないなどの理由によるものと考えられる。



熱流計 1, 区画 A 側横向き

熱流計 2, 上向き

a) ケース 5 (火源 1400kW)



熱流計 1, 区画 A 側横向き

熱流計 2, 上向き

b) ケース 6 (火源 700kW)

図 10 入射熱流束の実験値と計算値の比較

4. 今後の展望（今後の発展性，見込み等についても記述）

今後，実験結果の分析をさらに進めると同時に，追加の実験を行うなどして，区画間の延焼過程の把握を進めていく。

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

2014年の日本建築学会大会で，以下の2報の論文を発表する予定である。

- ・ 種子田翔一・申易澈・野秋政希・田嶋一雅・樋本圭佑・出口嘉一・大宮喜文：複数区画の火災拡大性状に関する研究 その5 実大複数区画実験
- ・ 田嶋一雅・申易澈・野秋政希・種子田翔一・樋本圭佑・出口嘉一・大宮喜文：複数区画の火災拡大性状に関する研究 その6 隣接室への放射熱計算モデル
- ・

6. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅費		人件費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
ブランケット	185,850				
ステンレスパ イプ 他	305,592				
小計	491,442	小計		小計	
東京理科大学 負担分 総計 491,442 円					
京都大学 負担分 総計 900,000 円					

※スペースが足りない場合はページを増やしても構いません。

※上記5に記載された成果公表については，別刷1部をご提出願います。PDFファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は，本拠点の成果報告としてWeb等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて，研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）

※後日開催予定の成果講評会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについて

も提出願います。(学内での報告に使用)